Evaluation of the Efficiency of Cloud Computing Models in E-learning Services

Golnaz Vakili

Research Assistant; Institute for Information Science and Technology; Tehran, Iran vakili@irandoc.ac.ir

Iranian Journal of Information Processing & Management

Iranian Research Institute for Information Science and Technology (IranDoc)

ISSN 2251-8223

eISSN 2251-8231

Indexed by SCOPUS, ISC, & LISTA

Vol. 29 | No. 4 | pp. 1147-1174

Summer 2014

https://doi.org/10.35050/JIPM010.2014.021

Abstract: Although web-based learning has a lot of advantages over other commonly used technologies in the field, it has its own challenges, too. For example, due to lack of scalability at the infrastructure level, the cost of resource management in e-learning systems has increased significantly. Another example is how to achieve efficient resource utilization in these systems. In addition to dealing with these challenges, other costs should be incurred to provide e-learning services, such as maintenance cost of website, and the associated costs with installation and technical support of software packages. In this paper, we discuss that designing e-learning systems based on cloud computing models is an appropriate approach to dealing with the mentioned challenges. To this end, after an introduction to cloud computing models, we design the architecture of an e-learning system based on the models. Then, we implement the proposed architecture using CloudSim as a simulation tool to evaluate the efficiency of the system. The results demonstrate that by taking the proposed approach, while the system achieves an efficient resource utilization, the scalability of e-learning services increases as well.

Keywords: Evaluation of Efficiency; E-learning; Cloud Computing Models; Hybrid Implementation

ارزیابی کارایی مدل‌های رایانش ابری در ارائهٔ سرویس‌های یادگیری الکترونیکی

گلناز وکیلی

دکتری مهندسی کامپیوتر؛ استادیار؛ پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
vakili@irandoc.ac.ir

مقالهٔ پژوهشی

دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۴
پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۸

چکیده: از میان فناوری‌های مختلفی که برای آموزش و یادگیری هستند، «یادگیری مبتنی بر وب» دارای مزایای بسیار زیادی است. این روش یادگیری با وجودِ داشتن مزایا، چالش‌های جدی نیز به‌همراه دارد. از جمله اینکه در حال حاضر، نظام‌های آموزش الکترونیکی در سطح زیرساخت از مقیاس‌پذیری بسیار کمی برخوردارند و این، هزینه‌های مدیریت منابع را به‌شدت افزایش می‌دهد. یکی دیگر از چالش‌های کلیدی، مسئلهٔ بهره‌وری کارآمد از منابع است. علاوه بر این چالش‌ها، لازم است هزینه‌های دیگری را نیز در نظر گرفت که برای ارائهٔ سیستم یادگیری الکترونیکی باید پرداخت شوند، از جمله: هزینه‌های نگهداری سایت و سیستم‌های رایانه‌ای، و هزینه‌های نصب و پشتیبانی فنی از بسته‌های نرم‌افزاری. همان‌طور که در این مقاله بحث خواهد شد، «آموزش و یادگیری الکترونیکی مبتنی بر مدل‌های رایانش ابری» راهکار مناسبی برای پرداختن به مسائل و چالش‌های مطرح شده است. ما در این مقاله به بررسی و ارزیابی کارایی مدل‌های رایانش ابری در ارائهٔ سرویس‌های یادگیری و آموزش الکترونیکی خواهیم پرداخت. به این منظور، پس از معرفی کوتاهی از سرویس‌های رایانش ابری، مزایای استفاده از آنها را در نظام‌های یادگیری و آموزش الکترونیکی بررسی می‌کنیم. سپس بر اساس مدل‌های رایانش ابری به ارائه و طراحی معماری این نظام‌ها می‌پردازیم. در نهایت، با پیاده‌سازی معماری طراحی‌شده، با استفاده از ابزار شبیه‌سازی کُلدسیم به ارزیابی کارایی سیستم یادگیری الکترونیکی مبتنی بر مدل‌های رایانش ابری می‌پردازیم. نتایج آزمایش‌های انجام‌گرفته نشان می‌دهد که به‌کارگیری راهکار پیشنهادی ضمن افزایش بهره‌وری و کارایی منابع، نظام را از مقیاس‌پذیری بسیار بالایی در سرویس‌دهی برخوردار می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی کارایی؛ یادگیری و آموزش الکترونیکی؛ مدل‌های رایانش ابری؛ پیاده‌سازی هیبرید

فصلنامه | علمی پژوهشی
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
(ایرانداک)
شاپا (چاپی) ۸۲۲۳-۲۲۵۱
شاپا (الکترونیکی) ۸۲۳۱-۲۲۵۱
نمایه در LISTA، ISC، و SCOPUS
jipm.irandoc.ac.ir
دورهٔ ۲۹ | شمارهٔ ٤ | ص‌ص ۱۱٤۷-۱۱۷٤
تابستان ۱۳۹۳
https://doi.org/10.35050/JIPM010.2014.021

۱. مقدمه

از میان فناوری‌های مختلفی که برای آموزش و یادگیری وجود دارند، «یادگیری مبتنی بر وب» مزایای بسیار زیادی را نسبت به «یادگیری مبتنی بر کلاس درس» دربردارد. یکی از این مزایای مهم، کاهش هزینه‌های یادگیری است. عدم نیاز به محیط‌های فیزیکی برای آموزش و یادگیری، هزینه‌ها را کاهش داده و امکان آن را در هر زمان و مکانی که یادگیرنده تمایل داشته باشد، فراهم می‌سازد. علاوه بر این، فرد آموزش‌دهنده می‌تواند به‌راحتی مواد آموزشی را به‌روزرسانی کند و با مشارکت در ارائهٔ محتوای چندرسانه‌ای و ضمن ایجاد محیطی دوستانه، درک مفاهیم را برای افراد یادگیرنده ساده‌تر سازد.

این روش یادگیری را می‌توان یک رویکرد «یادگیرنده محور»[1] دانست که با وجود مزایای اشاره‌شده، چالش‌هایی جدی نیز به‌همراه دارد (Dillon et al Fernandez et al 2012 ;2010). در حال حاضر، نظام‌های آموزش الکترونیکی در سطح زیرساخت از مقیاس‌پذیری بسیار کمی برخوردارند. بسیاری از منابع، اختصاص‌یافته هستند و تنها به منظورهای خاصی می‌توانند به‌کار روند. بنابراین، هنگام افزایش بار نظام باید منابع جدیدی از همان نوع اضافه و پیکربندی شوند و این مسئله هزینه‌های مدیریت منابع را به‌شدت افزایش می‌دهد.

یکی دیگر از چالش‌های کلیدی، مسئلهٔ بهره‌وری کارآمد از منابع است. برای مثال، در کاربردهای متداول دانشگاهی اغلب سیستم‌ها و سرورها در طول شب و یا در تعطیلات بین ترم میزان بهره‌وری پایینی دارند. این، در حالی است که همین منابع در زمان‌های دیگری مانند اواخر ترم به‌شدت مورد نیازند. بنابراین چاره‌ای جز نگهداری ماشین‌هایی که در بسیاری مواقع بلااستفاده بوده و به تبع آن پتانسیل آنها هدر خواهد رفت، وجود نخواهد داشت.

در نهایت باید علاوه بر این چالش‌ها، هزینه‌های دیگری مانند هزینه‌های نگهداری سایت و سیستم‌های رایانه‌ای و هزینه‌های نصب و پشتیبانی فنی از بسته‌های نرم‌افزاری را نیز که باید برای ارائهٔ سیستم یادگیری الکترونیکی پرداخت شوند، در نظر گرفت (Kwan et al 2008). همان‌طور که در ادامه بحث خواهد شد، «آموزش و یادگیری الکترونیکی مبتنی

1. learner-centered

بر مدل‌های رایانش ابری» راهکار مناسبی برای پرداختن به مسائل و چالش‌های مطرح شده است.

۱-۱. مدل‌های رایانش ابری

رایانش ابری مبتنی بر معماری سرویس‌گراست (Youssef 2012; Vaquero et al 2009). سرویس‌هایی که در اختیار کاربران رایانش ابری قرار می‌گیرند، معمولاً در سه ردهٔ اصلی قابل دسته‌بندی هستند. این دسته‌ها تحت عنوان مدل‌های سرویس رایانش ابری نیز شناخته می‌شوند. این سه مدل که در

شکل ۱ نشان داده شده‌اند، در واقع سطوح انتزاعی سرویس‌های رایانش ابری را توصیف می‌کنند و عبارتند از:

- «نرم‌افزار به‌عنوان سرویس (سس)»[1]: در این مدل، فراهم‌کنندهٔ سرویس ابر مسئولیت اجرا و نگهداری کاربردهای نرم‌افزاری و زیرساخت و بستر رایانشی را بر عهده دارد. از دید کاربر رایانش ابری چنین سرویسی یک واسط کاربر مبتنی بر وب دارد که از طریق آن، سرویس‌ها و کاربردهای نرم‌افزاری به‌طور کامل بر روی شبکهٔ اینترنت ارائه شده و از طریق مرورگر وب کاربر قابل دسترسی هستند (مانند جی‌میل[2] و گوگل‌داکس[3]). کاربران می‌توانند با روش‌ها و وسایل مختلفی مانند رایانهٔ ثابت یا سیار و یا گوشی همراه به کاربردهای میزبانی‌شده دسترسی یابند. این مدل سرویس نسبت به مدل‌های رایج ارائهٔ نرم‌افزار دارای این مزیت است که کاربران نیازی به خرید مجوز، نصب، به‌روزرسانی، نگهداری و اجرای نرم‌افزار بر روی پایانهٔ خود را ندارند و مهم‌تر اینکه از مزایای مهمی مانند قابلیت پیکربندی و مقیاس‌پذیری بالا نیز برخوردار هستند.
- «بستر به‌عنوان سرویس (پس)»[4]: در این مدل، فراهم‌کنندهٔ سرویس ابر مسئولیت اجرا و نگهداری سیستم نرم‌افزاری (سیستم‌عامل) و زیرساخت منابع رایانشی را بر عهده دارد. کاربر چنین مدل سرویسی، به مدیریت و اجرای کاربردهای نرم‌افزاری بر روی

1. Software as a Service (SaaS)
2. Gmail
3. Google Docs
4. Platform as a Service (PaaS)

سیستم‌عامل و منابع مجازی تأمین‌شده توسط فراهم‌کنندهٔ سرویس ابر می‌پردازد. بنابراین، کاربر تقریباً کنترلی بر روی سیستم‌عامل و منابع سخت‌افزاری ندارد. بر خلاف سرویس مدل سَس که کاربردهای تکمیل‌شده و آمادهٔ استفاده را در اختیار کاربر قرار می‌دهد، در این مدل به کاربر فرصت داده می‌شود تا مستقیماً بر روی ابر به طراحی، توسعه و آزمایش کاربرد مورد نظر خود بپردازد. همچنین، این مدلِ سرویس امکان همکاری و کار گروهی اعضای یک پروژه را فراهم می‌کند، به این ترتیب که کاربران با استفاده از این مدل می‌توانند در حالی که در کشورهای مختلف هستند، با همکاری یکدیگر و برای مثال به توسعهٔ یک وب‌سایت بپردازند. به بیان کامل‌تر، در این مدل تمام تسهیلات مورد نیاز برای پشتیبانی از چرخهٔ ساخت و ارائهٔ کاربردها و سرویس‌های وب از طریق اینترنت در اختیار کاربر قرار می‌گیرد.

- «زیرساخت به‌عنوان سرویس (یَس)»[1]: در این مدل، فراهم‌کنندهٔ سرویس ابر مجموعه‌ای از منابع مجازی رایانشی (مانند پهنای باند شبکه، ظرفیت ذخیره‌سازی، حافظه و توان پردازشی) را در ابر فراهم می‌نماید. بنابراین مسئولیت اجرا و نگهداری سیستم‌عامل و سایر کاربردهای نرم‌افزاری بر روی این منابع مجازی بر عهدهٔ کاربر سرویس است. در ارائهٔ این مدل سرویس، برای تبدیل منابع فیزیکی به منابع منطقی (که دارای این قابلیت هستند که به‌گونه‌ای پویا توسط کاربران به‌کار گرفته شده و رهاسازی شوند) از فناوری‌های مجازی‌سازی استفاده می‌شود. به این ترتیب، کاربران به جای خرید سرورها، فضای مرکز داده، و تجهیزات شبکه این منابع را به‌صورت مجازی و به‌عنوان سرویس زیرساخت از فراهم‌کنندهٔ سرویس ابر دریافت می‌نمایند.

در ادامه، بررسی خواهیم‌کرد که یادگیری الکترونیکی را چگونه می‌توان به‌صورت یک سرویس آموزشی در ابر ارائه نمود. برای پیاده‌سازی این سرویس مبتنی بر مدل‌های رایانش ابری، کاربران نیازمندی‌های سخت‌افزاری زیادی ندارند و از این‌رو پیاده‌سازی از پیچیدگی بالایی برخوردار نخواهد بود.

1. Infrastructure as a Service (IaaS)

شکل ۱. سطوح انتزاعی سرویس‌های رایانش ابری

۱-۲. کارهای مرتبط

با توجه به اهمیت روزافزون رایانش ابری در سال‌های اخیر، به‌کارگیری این فناوری در حوزهٔ یادگیری و آموزش الکترونیکی نیز مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته و در مقاله‌ها و کارهای پژوهشی مختلفی به این موضوع پرداخته شده است. در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌کنیم.

در مقالهٔ «مسعود»[1] و «هانگ»[2]، ویژگی‌های کلی سیستم یادگیری الکترونیکی بیان شده و بر این اساس به توصیف طرح کلی معماری سیستمی پرداخته شده است (۲۰۱۲) که تلفیقی میان قابلیت‌های یادگیری الکترونیکی و سرویس‌های رایانش ابری ایجاد نماید. اما در این مقاله کارایی نظام مبتنی بر معماری پیشنهادشده مورد ارزیابی قرار نگرفته است. در مقالهٔ «گاموندانی»[3] و «روپر»[4]، برای طراحی سیستم یادگیری الکترونیکی مبتنی بر رایانش ابری، معماری سیستم بر پایهٔ منابع توزیع‌شده‌ای قرار گرفته که توسط رایانه‌های شخصی کاربران تأمین می‌شود (۲۰۱۳). این معماری پیشنهادی با وجود آنکه ویژگی کشسانی منابع را که از ویژگی‌های مشخص معماری رایانش ابری است، تأمین می‌نماید، اما از

1. Masud
2. Haung
3. Gamundani
4. Rupere

قابلیت مقیاس‌پذیری بالا که از دیگر شاخصه‌های این نوع معماری است، برخوردار نیست. به بیان دیگر، هماهنگی منابع توزیع‌یافته برای عملکرد سیستم بر عهدهٔ یک نود[1] (رایانه) مرکزی است که نقطهٔ گلوگاه سیستم محسوب می‌شود.

در مقالهٔ «پوکاتیلو»[2] و دیگران، طرح مشخصی برای پیاده‌سازی معماری یک سیستم یادگیری الکترونیکی بر اساس مدل‌های رایانش ابری ارائه نشده است و تنها به بیان مزایا و تأثیرات مثبت به‌کارگیری فناوری رایانش ابری در حوزهٔ یادگیری الکترونیکی پرداخته شده است (۲۰۰۹). در مقاله‌های «جین»[3] و «چاولا»[4] و «وکیلی»[5] پس از بررسی مزایای استفاده از سرویس‌های رایانش ابری در سیستم‌های یادگیری و آموزش الکترونیکی، به ارائه و طراحی معماری مفهومی این سیستم‌ها بر پایهٔ مدل‌های رایانش ابری پرداخته شده است، اما کارایی سیستم‌های پیاده‌سازی‌شده بر اساس طرح معماری پیشنهادی مورد ارزیابی قرار نگرفته است (۲۰۱۳).

به‌طور کلی مروری بر کارهای انجام‌گرفته نشان می‌دهد که در بیشتر آنها چالش‌ها و فرصت‌ها، و مزایا و معایب به‌کارگیری رایانش ابری در حوزهٔ یادگیری الکترونیکی مورد تأکید قرار گرفته است. مسئلهٔ ارزیابی کارایی سیستم‌های یادگیری و آموزش الکترونیکی مبتنی بر مدل‌های رایانش ابری نیز در کنار بررسی‌های انجام‌گرفته در کارهای پیشین، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. ما در این مقاله به بررسی و ارزیابی کارایی مدل‌های رایانش ابری در ارائهٔ سرویس‌های یادگیری و آموزش الکترونیکی خواهیم پرداخت. به این منظور، پس از بررسی مزایای استفاده از سرویس‌های رایانش ابری در سیستم‌های یادگیری و آموزش الکترونیکی در بخش ۲، به ارائه و طراحی معماری این سیستم‌ها بر پایهٔ مدل‌های رایانش ابری در بخش ۳ می‌پردازیم. سپس با پیاده‌سازی معماری طراحی‌شده با استفاده از ابزار شبیه‌سازی کُلدسیم[6]، کارایی سیستم پیشنهادی برای یادگیری و آموزش الکترونیکی را در بخش ۴ مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌دهیم. در نهایت در بخش ۵ به نتیجه‌گیری و جمع‌بندی مقاله خواهیم پرداخت.

1. node
2. Pocatilu
3. Jain
4. Chawla
5. Vakili
6. CloudSim

۱-۳. مزایای استفاده از سرویس‌های رایانش ابری در سیستم‌های یادگیری و آموزش الکترونیکی

در این بخش به برخی از قابلیت‌ها و مزایایی که ارائهٔ سرویس‌های یادگیری الکترونیکی در محیط‌های رایانش ابری به‌همراه خواهند داشت، اشاره می‌کنیم (Nasr & Ouf 2011; Fernandes et al 2012):

- دارابودن قابلیت دسترسی از طریق وب نشان‌دهندهٔ سادگی دسترسی به سرویس‌های یادگیری الکترونیکی در محیط‌های رایانش ابری است، زیرا هر کسی در هر زمان و از هر مکانی امکان دسترسی به برنامهٔ کاربردی را خواهد داشت.
- به‌علت عدم نیاز به نرم‌افزاری خاص از سوی کاربر، هزینه‌های درخواست‌کنندگان و مشترکین کاهش می‌یابد. زیرا نیازی به صرف هزینه‌های نصب و نگهداری نرم‌افزار و مدیریت و به‌کارگیری سرور نخواهد بود. همچنین، هزینه‌های پایین‌تری برای حقوق مالکیت برنامهٔ کاربردی پرداخت می‌شود.
- قابلیت پرداخت اشتراک بر حسب استفاده، برای بازار آموزش نرم‌افزاری بسیار مناسب است و امکان دسترسی به برنامه‌های کاربردی پیچیده‌تر و غنی‌تر را فراهم می‌سازد.
- از آن جا که برنامهٔ کاربردی بر روی سرورهای ابر اجرا می‌شود، سیستم از مقیاس‌پذیری بالایی برخوردار خواهد بود. بنابراین، با افزایش تعداد افراد یادگیرنده، کارایی نرم‌افزار کاهش نیافته و امکان پشتیبانی از چندین مؤسسهٔ آموزشی فراهم خواهد بود.
- به‌علت ذخیرهٔ اطلاعات بر روی ابر، به منظور انتقال از یک قطعه و سیستم به قطعه و سیستم دیگر، نیازی به پشتیبان‌گیری موقت وجود ندارد. همچنین، افراد یادگیرنده امکان ایجاد و نگهداری پایگاهی از اطلاعات را دارند که حجم آن در صورت نیاز قابل افزایش است.
- کاربر در صورت خرابی رایانه، نیازی به جبران و بازیابی وضعیت موجود ندارد، زیرا تقریباً تمام داده‌ها در ابر ذخیره شده‌اند و بنابراین از دست نمی‌روند.
- افراد یادگیرنده می‌توانند با استفاده از ابزارهای مختلف مانند گوشی همراه، رایانهٔ سیار و یا میز کار (در صورت دسترسی به اینترنت) فایل‌های خود را از طریق ابر و برنامه‌های کاربردی مبتنی بر مرورگر، بیابند و آنها را ویرایش کنند.

◇ یکی دیگر از قابلیت‌ها، انعطاف‌پذیری منابع است. مقیاس زیرساخت رایانشی را می‌توان بر حسب نیاز افزایش و یا کاهش داد و به این ترتیب سود سرمایه‌گذاری را بیشینه کرد.

از لحاظ امنیتی نیز به‌کارگیری مدل‌های رایانش ابری برای افراد و مؤسسات آموزشی که به استفاده و توسعهٔ سرویس‌های یادگیری الکترونیکی می‌پردازند، مزایایی وجود خواهد داشت که برخی از آنها عبارتند از:

◇ برای افرادی که قصد سوءاستفاده از سیستم را دارند، تعیین موقعیت ماشینی که دادهٔ مورد نظر آنها (مانند سؤالات امتحانی، نتایج و غیره) را ذخیره کرده، تقریباً غیرممکن است. چنین افرادی نمی‌توانند مؤلفه‌ها و اجزای فیزیکی متناظر با دارایی‌های دیجیتالی را شناسایی کنند.

◇ قابلیت مجازی‌سازی امکان جای‌گزینی سریع سرورهای واقع در ابر را فراهم می‌سازد، بدون اینکه در نتیجهٔ این جایگزینی هزینه و خسارت زیادی وارد شود. با ایجاد کلونی از ماشین‌های مجازی در ابر به‌سادگی می‌توان مدت‌زمان کارافتادگی سرویس را کاهش داد.

◇ به‌دلیل ذخیرهٔ متمرکز داده‌ها از دست‌دادن یک کاربر تأثیر قابل توجهی بر روی سیستم نخواهد گذاشت و تا زمانی که بخش عمدهٔ داده و برنامه‌های کاربردی بر روی ابر ذخیره شده باشد، امکان اتصال سریع کاربران جدید وجود خواهد داشت.

◇ پایش دسترسی به داده‌ها آسان‌تر خواهد بود، زیرا تنها پایش یک مکان مورد نیاز است، نه اینکه برای مثال، پایش هزاران سیستم رایانه‌ای متعلق به یک دانشگاه لازم باشد. همچنین، از آنجا که برای تمام کاربران ابر تنها یک مدخل ورودی در نظر گرفته می‌شود، تغییر سیاست‌ها و تکنیک‌های امنیتی به‌سادگی قابل آزمایش و پیاده‌سازی هستند.

به این ترتیب، رایانش ابری با دارابودن این قابلیت‌ها و مزایا راهکار مناسب و کم‌هزینه‌ای را برای آموزش و یادگیری الکترونیکی ارائه می‌نماید که می‌تواند توسط مجموعه‌های آموزشی و تحقیقاتی، مانند پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران که قصد ارائه و توسعهٔ چنین سرویس‌هایی را دارند، به‌کار رود.

سرویس‌های رایانش ابری در سطوح مختلف می‌توانند در ارائه و توسعهٔ محیط‌های یادگیری الکترونیکی از جمله در موارد زیر مورد استفاده قرار گیرند:

- ◇ سرویس زیرساخت: به منظور به‌کارگیری رایانش ابری در این سطح می‌توان محیط یادگیری الکترونیکی را مبتنی بر سرویس‌های زیرساخت فراهم‌کنندگان ابر ارائه کرد.
- ◇ سرویس بستر: به منظور به‌کارگیری رایانش ابری در این سطح، می‌توان محیط یادگیری الکترونیکی را مبتنی بر «واسط‌های توسعهٔ»[1] ارائه‌شده توسط فراهم‌کنندگان سرویس‌های بستر توسعه داد.
- ◇ سرویس نرم‌افزار: به منظور به‌کارگیری رایانش ابری در این سطح، می‌توان از محیط‌های یادگیری الکترونیکی ارائه‌شده توسط فراهم‌کنندگان سرویس‌های نرم‌افزار استفاده نمود.

۲. طراحی سیستم یادگیری الکترونیکی بر پایهٔ معماری رایانش ابری

همان‌طور که پیش‌تر اشاره کردیم، مدل‌های رایانش ابری پتانسیل بالایی در ارائهٔ محیط‌های یادگیری الکترونیکی دارند و با میزبانی کاربردهای یادگیری الکترونیکی بر روی ابر و بهره‌گیری از قابلیت‌های مجازی‌سازی سخت‌افزار، می‌توان هزینه‌های ایجاد و نگهداری منابع مورد نیاز در روند یادگیری الکترونیکی را کاهش داد. به بیان دقیق‌تر، با به‌کارگیری رایانش ابری می‌توان زیرساختی قابل اطمینان، انعطاف‌پذیر، و مقرون‌به‌صرفه برای ارائهٔ سرویس‌های یادگیری الکترونیکی فراهم ساخت که دارای قابلیت تنظیم خودکار و تضمین کیفیت سرویس است.

در حال حاضر ترکیب فناوری‌های رایانش ابری و یادگیری الکترونیکی گسترش زیادی یافته است. برخی از کارهای انجام‌گرفته در این حوزه بر روی به‌کارگیری سرویس‌های زیرساخت ابر تأکید کرده‌اند و به این منظور، برای دانش‌آموزان در بازه‌های زمانی خاص به رزرو ماشین‌های مجازی پرداخته‌اند (Vouk et al 2008). به‌عنوان مثالی دیگر در این حوزه، می‌توان به کاربردی به نام بلواِسکای[2] (Dong et al 2009) اشاره کرد که معماری آن به‌گونه‌ای طراحی شده که توانایی مدیریت کارآمد سرویس‌های یادگیری

1. development interface
2. BlueSky

الکترونیکی را داشته باشد و همچنین، با پیش‌بینی و تأمین منابع برای محتواهای پرطرفدار، کارایی سیستم را در دسترسی‌های هم‌زمان تضمین نماید. البته در این کاربرد و دیگر کاربردهای تجاری مشابه آن، به جزییات مربوط به چگونگی دستیابی به این اهداف پرداخته نشده است. همچنین، می‌توان به چارچوبی به نام کلادآی‌اِی[1] (Sulistio et al 2009) اشاره کرد که با ایجاد و پیکربندی تصاویر ماشین‌های مجازی بر حسب تقاضا، به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که محیط‌های «جاوا سِرولِت» (شامل مای‌اِس‌کیوال، تام‌کَت و ...) خود را برای انجام آزمایش‌هایشان در اختیار داشته باشند. با در پیش‌گرفتن این رویکرد، دانش‌آموزان می‌توانند بر روی توسعه و آزمایش کاربردهای خود تمرکز نمایند.

با در نظر گرفتن مؤلفه‌های سازندهٔ یک سیستم یادگیری الکترونیکی، می‌توان قابلیت‌ها و سرویس‌هایی را که چنین محیطی را به کاربران خود (که اغلب دانشجویان، اساتید و پژوهشگران هستند) ارائه می‌کنند، شامل موارد زیر دانست:

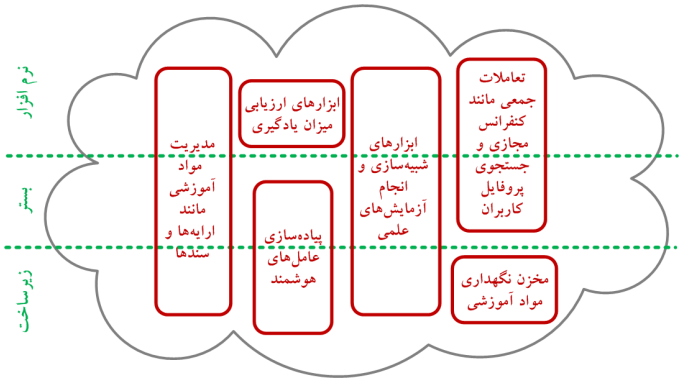
- ◇ مدیریت مواد آموزشی. از جملهٔ این مواد می‌توان به ارائه‌ها[2]، سندها[3]، عکس‌ها، نقشه‌ها و پروژه‌های آموزشی اشاره کرد؛
- ◇ ارائهٔ ابزارهایی برای انجام آزمایش‌های علمی و شبیه‌سازی آنها؛
- ◇ فراهم‌کردن امکان تعاملات جمعی. این تعاملات ممکن است از طریق گپ[4]، پیامک، رایانامه، انجمن[5]، کنفرانس‌های صوتی و تصویری، نظرگیری و جستجوی پروفایل کاربران انجام گیرد؛
- ◇ ارائهٔ ابزارهای ارزیابی دانشجویان، مانند برگزاری امتحان‌ها و دریافت و تصحیح تکالیف آموزشی؛
- ◇ دارا بودن مخزنی[6] برای نگهداری مواد آموزشی.

علاوه بر این قابلیت‌ها معمولاً در محیط‌های یادگیری الکترونیکی «عامل‌های

1. CloudIA
2. presentations
3. documents
4. chat
5. forum
6. repository

هوشمند»[1] نیز پیاده‌سازی می‌شوند که با دنبال‌کردن روند یادگیری دانشجویان، بازخوردهایی را تولید می‌کنند. این بازخوردها، هم می‌تواند در اختیار اساتید قرار گیرد و هم می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای کمک به دانشجویان برای یادگیری مؤثرتر آنان باشد.

قابلیت‌هایی را که برای محیط یادگیری الکترونیکی به آنها اشاره شد، می‌توان به شیوه‌های مختلف و با به‌کارگیری سرویس‌های رایانش ابری (سرویس زیرساخت، بستر، و نرم‌افزار) پیاده‌سازی نمود که نمونه‌ای از آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. چگونگی به‌کارگیری سرویس‌های رایانش ابری (سرویس زیرساخت، بستر، و نرم‌افزار) به‌منظور پیاده‌سازی قابلیت‌های متداول یک محیط یادگیری و آموزش الکترونیکی

در شیوهٔ طراحی‌شده، برای پیاده‌سازی هر یک از قابلیت‌های اشاره‌شده، با توجه به نیازمندی‌های آنها به‌کارگیری سرویس مشخصی از سرویس‌های رایانش ابری پیشنهاد گردیده است. به‌عنوان نمونه، به‌منظور ارائهٔ ابزارهای شبیه‌سازی در محیط یادگیری الکترونیکی ممکن است بنا بر نیازمندی‌های آزمایش علمی مورد نظر، نیاز به به‌کارگیری هر سه نوع سرویس زیرساخت، بستر، و نرم‌افزار وجود داشته باشد. برای مثال، دانشجویان مهندسی رایانه برای انجام آزمایش‌هایی بر روی مسیریابی در شبکه‌های رایانه‌ای و یا نحوهٔ پیکربندی فایروال در شبکه، به چندین دستگاه رایانه‌ای نیاز دارند. بنابراین، برای انجام چنین آزمایش‌هایی ایجاد ماشین‌های مجازی (به ازاء دستگاه‌های رایانه‌ای مورد نیاز) با

1. Smart agents

به‌کارگیری سرویس زیرساخت‌های رایانش ابری می‌تواند چاره‌ساز باشد. در انجام آزمایش‌های مربوط به بسیاری دیگر از دروس، دانشجویان نیاز به محیط برنامه‌نویسی خاص با پیکربندی‌های مشخصی دارند. در چنین مواردی می‌توان با به‌کارگیری سرویس بسترهای رایانش ابری، بستر مناسب را به‌صورت آماده در اختیار دانشجویان قرار داد تا به‌سادگی کاربردهای مورد نظر خود را بر روی آن توسعه و مورد آزمایش قرار دهند. در نهایت، در برخی دیگر از دروس مانند آنالیز گراف، ممکن است تنها اجرای یک مدل شبیه‌سازی‌شده در قالب یک اَپلت برای پیشبرد روند آموزش و یادگیری کافی باشد، که در این صورت با به‌کارگیری سرویس نرم‌افزارهای رایانش ابری می‌توان به این منظور دست یافت.

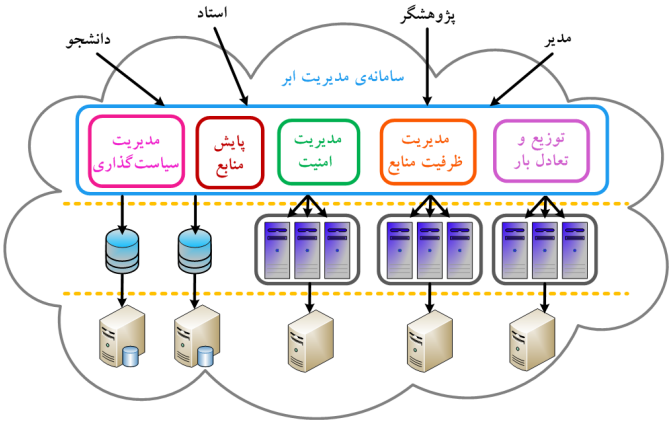
نحوهٔ طراحی محیط رایج یادگیری الکترونیکی بر پایهٔ معماری رایانش ابری در شکل ۳ نشان داده شده است. در این معماری، نخستین لایه مربوط به سامانهٔ مدیریت ابر است که از یک‌سو با کاربران انتهایی و از سوی دیگر با منابع مجازی موجود در ابر در ارتباط می‌باشد. این سامانه وظیفه دارد با بررسی تقاضاهای دریافتی از سوی کاربران، نیازمندی‌های محاسباتی آنها را استخراج کرده و متناسب با این نیازمندی‌ها، سرویس رایانش ابری مناسبی را که در پاسخ به این تقاضاها باید ارائه گردد، تعیین نماید. برای دستیابی به این منظور، این سامانه خود از زیرسامانه‌های گوناگونی تشکیل یافته است که عبارتند از:

- ◇ بخش پایش و نظارت بر نحوهٔ اجرای تقاضاهای دریافتی، نحوهٔ پیکربندی و به‌کارگیری منابع و سلامت یا از کارافتادگی آنها (این بخش بازخوردهای مورد نیاز برای عملکرد مناسب سایر بخش‌ها مانند بخش توزیع بار و یا مدیریت ظرفیت منابع را تأمین می‌نماید.)؛
- ◇ بخش توزیع بار محاسباتی بر روی منابع فیزیکی به‌منظور ایجاد تعادل بار حاصل از ماشین‌های مجازی مورد نیاز؛
- ◇ بخش مدیریت ظرفیت منابع محاسباتی و ذخیره‌سازی و مقیاس‌پذیری آنها (افزایش و یا کاهش میزان منابع) در صورت نیاز؛
- ◇ بخش مدیریت امنیت به‌منظور نظارت بر ورود کاربران به محیط، نحوهٔ دسترسی و سایر فعالیت‌های آنها، و اطمینان از حفظ محرمانگی و یکپارچگی اطلاعات و داده‌ها

و امنیت تراکنش‌های کاربران؛

◇ بخش مدیریت سیاست‌گذاری به‌منظور پایه‌گذاری و حفظ سیاست‌های آموزشی و یادگیری مورد نظر، و همچنین سیاست‌های زمان‌بندی و نحوهٔ تخصیص منابع با توجه به اولویت نیازمندی‌های محیط یادگیری الکترونیکی.

لایهٔ دوم در معماری طراحی‌شده، دربرگیرندهٔ فضای ذخیره‌سازی و ماشین‌های مجازی پیاده‌سازی‌شده به‌منظور ایجاد محیط یادگیری الکترونیکی بر مبنای رایانش ابری است. در نهایت، پایین‌ترین لایهٔ معماری از منابع فیزیکی و سخت‌افزارهایی تشکیل یافته است که منابع مجازی مورد نیاز در لایهٔ بالاتر برای راه‌اندازی محیط یادگیری الکترونیکی در عمل بر روی آنها اجرا و پیاده‌سازی می‌شوند.



شکل ۳. نحوهٔ طراحی محیط رایج یادگیری الکترونیکی بر پایهٔ معماری رایانش ابری

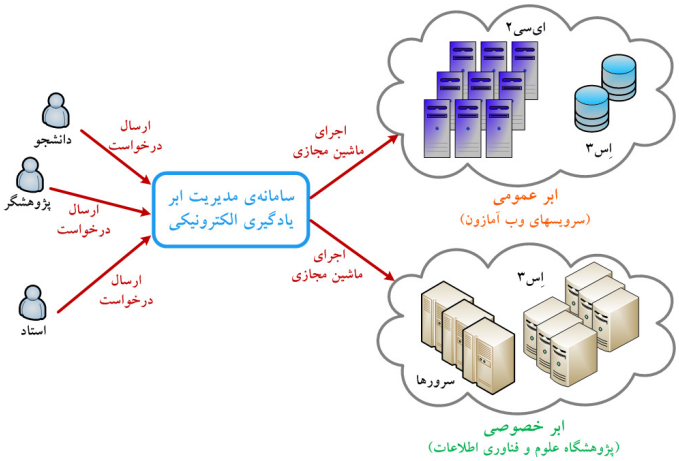
سامانهٔ مدیریت ابر نقش مهمی بر عهده دارد و سطوح مختلف «زیرساخت»، «محتوا» و «کاربرد» محیط یادگیری الکترونیکی را مدیریت می‌کند. در سطح زیرساخت، این سامانه با به‌کارگیری فناوری‌های مجازی‌سازی سخت‌افزار و نرم‌افزار از پایداری و در دسترس‌بودن منابع زیرساختی محیط یادگیری الکترونیکی اطمینان حاصل می‌کند و ظرفیت محاسباتی و ذخیره‌سازی مورد نیاز در سطوح دیگر (محتوایی و کاربردی) را تأمین می‌نماید. مدیریت سطح محتوایی محیط یادگیری الکترونیکی، به‌طور عمده

دربرگیرندهٔ مدیریت پایگاه‌های داده و فایل‌ها و سرویس‌های وب مورد نیاز برای ارائهٔ محتوا است. در این سطح علاوه بر حفظ و نگهداری محتوا باید به مسائل مربوط به تأمین واسط‌های استاندارد برنامه‌نویسی کاربردها برای استفاده از محتوا نیز پرداخته شود. در نهایت، در سطح کاربرد، این سامانه به مدیریت ابزارها و سرویس‌های کاربردی محیط یادگیری الکترونیکی می‌پردازد و واسط‌های تعامل با کاربران و دیگر برنامه‌های کاربردی را تأمین می‌نماید. به این ترتیب، بر اساس طرح معماری پیشنهادی، سرویس‌های نرم‌افزار متناسب با نیازمندی‌های هر یک از کاربران در محیط یادگیری الکترونیکی، بستر و یا زیرساخت رایانش ابری را در اختیار آنها قرار خواهد داد.

معماری طراحی‌شده برای سیستم یادگیری و آموزش الکترونیکی (شکل ۳) محدود به سرویس‌های قابل ارائهٔ «ابر خصوصی»[1] نیست. به بیان دیگر، در این معماری الزامی نیست که تمام منابع رایانشی و سرویس‌های مختلف مبتنی بر آنها (در سطوح زیرساخت، بستر، و نرم‌افزار) تحت مالکیت و مدیریت سازمان ارائه‌دهندهٔ سرویس یادگیری و آموزش الکترونیکی قرار داشته باشند. هر مؤسسهٔ آموزشی و یا پژوهشی که بر اساس این معماری به ارائهٔ سرویس بپردازد، می‌تواند علاوه بر منابع اختصاصی خود از سرویس‌های رایانش ابری که فراهم‌کنندگان «ابر عمومی»[2] در اختیار کاربران عمومی قرار می‌دهند، نیز استفاده نماید. برای نمونه می‌توان به آمازون به‌عنوان یکی از فراهم‌کنندگان مطرح سرویس‌های ابر عمومی اشاره کرد. «ابر محاسباتی کشسان»[3] و «سرویس ذخیره‌سازی ساده»[4] از جمله «سرویس‌های وب آمازون»[5] هستند که قابلیت به‌کارگیری در ایجاد محیط یادگیری الکترونیکی را دارند. در شکل ٤ چگونگی پیاده‌سازی معماری پیشنهادی برای سیستم یادگیری و آموزش الکترونیکی بر اساس مدل ترکیبی سرویس‌های وب آمازون و منابع اختصاصی مؤسسهٔ آموزشی و یا پژوهشی ارائه‌دهندهٔ سرویس یادگیری و آموزش الکترونیکی (مانند پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران) نمایش داده شده است. سرویس ذخیره‌سازی ساده و ابر محاسباتی کشسان (اِس ۳ و ای‌سی ۲) به کاربران این امکان را می‌دهند که ظرفیت ذخیره‌سازی و محاسباتی سیستم یادگیری الکترونیکی را

1. private cloud
2. public cloud
3. Elastic Compute Cloud (EC2)
4. Simple Storage Service (S3)
5. Amazon Web Services (AWS)

مطابق نیاز خود، به‌سادگی افزایش یا کاهش دهند و تنها به میزان منابع مصرفی خود هزینه بپردازند.



شکل ٤. چگونگی پیاده‌سازی معماری پیشنهادی برای سیستم یادگیری و آموزش الکترونیکی بر اساس مدل ترکیبی

به این ترتیب، هر زمان که منابع خصوصی مؤسسهٔ آموزشی یا پژوهشی مورد نظر برای راه‌اندازی و نگهداری سیستم یادگیری و آموزش الکترونیکی کافی نباشد، می‌توان ماشین‌های مجازی مورد نیاز آن را بر روی ابر عمومی به اجرا درآورد. بنابراین، سرویس یادگیری و آموزش الکترونیکی در یک «ابر هیبرید»[1] ارائه می‌شود که با تلفیق سرویس‌های ابر خصوصی و عمومی در سطوح مختلف زیرساخت، بستر، و نرم‌افزار از مزایای هر دو مدل برخوردار خواهد بود. به این ترتیب، ضمن ساده‌ترشدن امکان مقیاس‌پذیری سیستم، امکان به‌کارگیری کارآمد و بر حسب نیازِ منابع فراهم می‌شود و هزینه‌های مدیریت منابع، راه‌اندازی و نگهداری سیستم ارائه‌دهندهٔ سرویس یادگیری و آموزش الکترونیکی کاهش می‌یابد. در ادامه به تحلیل و ارزیابی کارایی سیستم پیاده‌سازی‌شده بر اساس معماری پیشنهادی خواهیم پرداخت.

1. hybrid cloud

۳. ارزیابی راهکار پیشنهادی

در این بخش کارایی راهکار پیشنهادی برای ارائهٔ سیستم یادگیری و آموزش الکترونیکی بر پایهٔ معماری رایانش ابری را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم. به این منظور با استفاده از ابزار شبیه‌سازی کُلدسیم به پیاده‌سازی سیستم طراحی‌شده در بخش قبل می‌پردازیم. کُلدسیم یکی از متداول‌ترین ابزارهای شناخته شده است که چارچوبی قابل توسعه برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی محیط‌ها و سیستم‌های مبتنی بر رایانش ابری ارائه می‌دهد (Calheiros et al 2011; Buyya et al 2009). استفاده از قابلیت‌های این ابزار امکان ارزیابی کارایی سیستم‌های طراحی‌شده را فراهم می‌آورد. کُلدسیم از مدل‌سازی و ایجاد یک یا چند ماشین مجازی بر روی سرورهای شبیه‌سازی‌شده در یک پایگاه داده و نیز نگاشت کارها[1] به ماشین‌های مجازی پشتیبانی می‌نماید. از این‌رو ما این ابزار را برای ارزیابی راهکار پیشنهادی خود انتخاب نموده‌ایم و با استفاده از آن سناریوهای مختلفی را در این بخش در محیط ابر شبیه‌سازی می‌کنیم و در هر یک از این سناریوها به تحلیل کارایی راهکار پیشنهادی در ارائهٔ سیستم یادگیری الکترونیکی مبتنی بر مدل‌های رایانش ابری می‌پردازیم.

همان‌طور که پیش‌تر، در طراحی راهکار پیشنهادی بحث کردیم، سیستم مورد نظر از یک‌سو با کاربران و از سوی دیگر با منابع رایانش ابری در ارتباط است. از این‌رو، در ادامهٔ این بخش در بیان هر سناریوی آزمایش علاوه بر سرویس‌های مورد درخواست کاربران، ظرفیت منابع رایانشی سیستم را نیز مشخص می‌کنیم. لازم به ذکر است که منابع رایانشی از منابع محاسباتی (سی‌پی‌یو[2])، منابع شبکه‌ای (یا پهنای باند[3])، حافظه[4] و منابع ذخیره‌سازی (یا فضای ذخیره‌سازی[5]) تشکیل می‌شوند (Armbrust et al 2009).

۳-۱. تعریف معیار ارزیابی کارایی سیستم

در تعریف معیاری که برای ارزیابی کارایی سیستم در هر یک از سناریوها در نظر گرفته شده، لازم است هم کیفیت سرویسی که کاربران از سیستم دریافت می‌کنند و هم

1. task
2. CPU (Central processing unit)
3. BW (Bandwidth)
4. RAM
5. storage

میزان بهره‌وری منابع رایانشی سیستم لحاظ شود. به این منظور، معیار کارایی سیستم به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{کارایی سیستم} = \alpha \times \frac{\text{میزان تقاضاهای سرویس داده‌شده}}{\text{میزان تقاضاهای دریافت‌شده}} \qquad (۱)$$

در رابطهٔ (۱) نسبت میزان تقاضاهای سرویس داده‌شده به میزان تقاضاهای دریافت‌شده، بیانگر کیفیت سرویسی است که کاربران از سیستم دریافت می‌کنند. آلفا ضریب بهره‌وری منابع رایانشی سیستم است که تأثیر این فاکتور را در کارایی سیستم لحاظ می‌کند و مطابق رابطهٔ (۲) تعریف می‌شود:

$$\alpha = \text{(ضریب بهره‌وری منابع)} \frac{\text{میزان منابع مصرف‌شده}}{\text{میزان منابع اختصاص‌یافته}} \qquad (۲)$$

در رابطهٔ (۲) نسبت میزان منابعی که برای سرویس‌دهی سیستم یادگیری الکترونیکی به‌طور متوسط مصرف می‌شود به میزان منابعی که برای پیاده‌سازی سیستم (برای سرویس‌دهی سیستم در حالت اوج بار کاری) اختصاص یافته، به‌عنوان ضریب بهره‌وری منابع تعریف شده است. در حالت ایدئال و به بیان دقیق‌تر در صورت بهره‌گیری کامل از قابلیت کشسانی منابع ابر، $\alpha = ۱$ خواهد شد و در غیر این صورت ($\alpha < ۱$)، متناسب با کاهش ضریب بهره‌وری منابع از کارایی سیستم کاسته خواهد شد.

با استناد بر معیار صورت‌بندی‌شده در رابطهٔ (۱)، تعریف جامعی از کارایی سیستم ارائه می‌شود که در آن کارایی سیستم، هم در ارتباط با کاربران و هم در ارتباط با منابع رایانشی قابل ارزیابی خواهد بود. از این‌رو، در سناریوهایی که در ادامهٔ این بخش بررسی می‌شوند، این معیار به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم، اندازه‌گیری شده و مورد تحلیل قرار خواهد گرفت.

۳-۲. ارزیابی سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر مدل ابر خصوصی

در سناریوی اول، حالتی را در نظر می‌گیریم که راهکار پیشنهادی برای ارائهٔ نظام آموزش و یادگیری الکترونیکی با استفاده از منابع موجود در پایگاه دادهٔ محلی و یا به بیان دیگر در یک ابر خصوصی پیاده‌سازی شده است. شرایطی که برای آزمایش سیستم در

این سناریو در نظر گرفته شده به این ترتیب است که، کاربران سیستم یادگیری و آموزش الکترونیکی از تعداد N دانشجو و پژوهشگر تشکیل یافته است. فرض می‌کنیم که این تعداد از ۱۰ کاربر آغاز شده و تا ۱۰۰۰ کاربر افزایش می‌یابد. از این تعداد ۶۰ درصد در حال استفاده از سرویس‌های مربوط به انجام شبیه‌سازی و آزمایش‌های علمی و ۴۰ درصد در حال استفاده از سرویس‌های مربوط به تعاملات جمعی در سیستم هستند. باید توجه داشت که هر یک از این نوع سرویس‌ها نیازمندی‌های پردازشی متفاوتی دارند و متناسب با آن، بار کاری متفاوتی را بر سیستم اعمال می‌کنند. این در حالی است که هر دو نوع سرویس به‌طور مشترک از نیازمندی «تأخیر قابل پیش‌بینی» برخوردارند. از این‌رو میزان تأخیری که کاربران در دریافت سرویس مورد نظر خود از سیستم تجربه می‌کنند، از اهمیت بالایی برخوردار است و به‌عنوان یک شاخص ارزیابی اندازه‌گیری خواهد شد.

مشخصات منابع رایانشی که برای این سناریو در نظر گرفته شده، به این ترتیب است که سرورهای واقع در ابر خصوصی دارای سی‌پی‌یو با توان ۱ میلیون دستور بر ثانیه، پهنای باند ۱ گیگابایت بر ثانیه، ۱ گیگابایت حافظه و ۱ ترابایت فضای ذخیره‌سازی هستند. در مجموع ۲ سرور در پایگاه دادهٔ محلی موجود است که سیستم بار کاری را به‌صورت متعادل بین آنها توزیع می‌کند.

حال، سیستم یادگیری الکترونیکی شبیه‌سازی‌شده با مشخصات فوق را راه‌اندازی نموده و به‌تدریج تعداد کاربران آن را افزایش می‌دهیم و در شرایط مختلف بار کاری به ارزیابی راهکار پیشنهادی می‌پردازیم. در جدول ۱، نتایج حاصل از اندازه‌گیری معیار کارایی سیستم در شرایط مختلف گزارش شده‌است.

جدول ۱. ارزیابی کارایی سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر ابر خصوصی

تعداد کاربران	۱۰ کاربر	۲۰۰ کاربر	۵۰۰ کاربر	۱۰۰۰ کاربر
کیفیت سرویس	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۹۱/۶۶	٪۵۶
بهره‌وری منابع	٪۲۱/۴۳	٪۶۲/۵	٪۱۰۰	٪۱۰۰
کارایی سیستم	٪۲۱/۴۳	٪۶۲/۵	٪۹۱/۶۶	٪۵۶

همان‌طور که مشاهده می‌شود به‌تدریج با افزایش بار کاری، میزان بهره‌وری منابعی که به سیستم اختصاص داده شده، افزایش یافته و در نتیجه کارایی سیستم نیز بهبود می‌یابد. این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که تمام منابع سیستم به‌طور کامل زیر بار رود، و یا به بیان دیگر بهره‌وری منابع به ۱۰۰ درصد برسد. پس از آن در صورت افزایش بیشتر تعداد کاربران، سیستم دیگر توانایی ارائهٔ سرویس به تمام تقاضاهای دریافت‌شده از سوی کاربران را نخواهد داشت و از این‌رو به‌تدریج با کاهش کیفیت سرویس از کارایی سیستم نیز کاسته خواهد شد.

با توجه به اهمیت میزان تأخیر در سرویس‌دهی سیستم، نتایج حاصل از اندازه‌گیری این شاخص نیز در شرایط مختلف بار کاری در جدول ۲ آورده شده است. در این جدول، منظور از سرویس‌های نوع ۱ و ۲ به‌ترتیب، سرویس‌های مربوط به انجام شبیه‌سازی و آزمایش‌های علمی و سرویس‌های مربوط به تعاملات جمعی در سیستم است.

جدول ۲. میزان تأخیر در سرویس‌های مختلف سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر ابر خصوصی

تعداد کاربران		۱۰ کاربر	۲۰۰ کاربر	۵۰۰ کاربر	۱۰۰۰ کاربر
میانگین تأخیر	سرویس نوع ۱	۲/۵ ثانیه	۳۱/۹ ثانیه	۶۶/۶۵ ثانیه	۱۳۳/۴۳ ثانیه
	سرویس نوع ۲	۱/۷۵ ثانیه	۲۰/۱ ثانیه	۴۱/۷۴ ثانیه	۸۳/۴۲ ثانیه

میانگین تأخیری که کاربران هر نوع سرویس دریافت می‌کنند، متناسب با میانگین بار پردازشی که آن نوع سرویس بر سیستم اعمال می‌کند، متفاوت است. با توجه به اینکه منابع موجود در پایگاه دادهٔ محلی ظرفیت ثابتی دارند که باید برای ارائهٔ سرویس به تقاضاهای کاربران به اشتراک گذاشته شوند، میانگین مدت‌زمان تأخیر در سرویس‌دهی به آنها به‌تدریج با افزایش تعداد کاربران سیستم افزایش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شرایطی که بار کاری سیستم از ظرفیت منابعی که برای سرویس‌دهی به سیستم اختصاص داده شده بیشتر می‌شود، میانگین تأخیر در سرویس‌دهی به کاربران تا حد زیادی افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که در این سناریو، با توجه به اینکه دسترسی به منابع ابر خصوصی از طریق شبکهٔ داخلی پایگاه دادهٔ محلی صورت می‌گیرد، تأخیر شبکه

تقریباً برابر صفر در نظر گرفته شده است.

تحلیل کلی نتایج به‌دست آمده در این بخش به این شرح است که: در این سناریو برای راه‌اندازی سیستم یادگیری الکترونیکی تنها به استفاده از منابع موجود در پایگاه دادهٔ محلی پرداخته شده که دارای ظرفیت ثابت و مشخصی هستند. از این‌رو، با وجود اینکه با به‌کارگیری فنون مجازی‌سازی (همان‌طور که در بخش ۳ بحث شد) به پایش و توزیع متعادل بار در سیستم پرداخته شده، اما به‌دلیل ظرفیت ثابت منابع سیستم و عدم مقیاس‌پذیری بالای آن، کارایی سیستم به‌شدت به بار کاری حاصل از سرویس‌های درخواستی کاربران وابسته خواهد بود. به بیان دقیق‌تر به‌دلیل عدم پشتیبانی کامل از کشسانی منابع در این سناریو، نمی‌توان مقیاس‌پذیری بالا و کارایی قابل پیش‌بینی از سیستم را انتظار داشت.

۳-۳. ارزیابی سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر مدل ابر عمومی

در سناریوی دوم، حالتی را در نظر می‌گیریم که سیستم یادگیری الکترونیکی با استفاده از منابع رایانش ابری که توسط فراهم‌کنندگان عمومی ارائه می‌شود، پیاده‌سازی شده است. این سناریو به‌خصوص در شرایطی رخ می‌دهد که سازمان یا مؤسسهٔ ارائه‌دهندهٔ سیستم یادگیری الکترونیکی، پایگاه داده‌ای را به‌طور محلی در مالکیت خود ندارد. در چنین شرایطی این سازمان یا مؤسسه می‌تواند با به‌کارگیری راهکار پیشنهادی به پیاده‌سازی سیستم مبتنی بر مدل ابر عمومی بپردازد و تنها به میزان منابعی که از ابر عمومی مصرف می‌شود، هزینه پرداخت نماید. باید توجه داشت که در این سناریو منابع مورد نیاز برای پیاده‌سازی سیستم از طریق شبکهٔ اینترنت قابل دسترسی خواهد بود (بر خلاف سناریوی قبلی که این منابع در پایگاه دادهٔ محلی واقع بود). از این‌رو، در این سناریو تأخیر شبکه قابل صرف نظر نبوده و باید در میزان تأخیر در سرویس‌دهی سیستم لحاظ شود. از سوی دیگر، در این سناریو محدودیتی بر روی ظرفیت منابع سیستم وجود ندارد و به‌دلیل استفاده از مدل ابر عمومی می‌توان میزان منابع سیستم را نامحدود در نظر گرفت (بر خلاف سناریوی قبلی که ظرفیت منابع موجود در پایگاه دادهٔ محلی ثابت بود).

برای فراهم‌کردن امکان مقایسهٔ دقیق‌تر، تعداد کاربران سیستم، وضعیت افزایش آنها، و همچنین مشخصات سرویس‌هایی را که مورد تقاضای آنهاست، مشابه سناریوی قبلی در

نظر می‌گیریم. نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری هزینهٔ سرویس‌دهی و کارایی راهکار پیشنهادی مبتنی بر مدل ابر عمومی در شرایطی که تعداد کاربران سیستم از ۱۰ کاربر به ۱۰۰۰ کاربر افزایش می‌یابد، در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳. ارزیابی کارایی و هزینهٔ سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر ابر عمومی

تعداد کاربران	۱۰ کاربر	۲۰۰ کاربر	۵۰۰ کاربر	۱۰۰۰ کاربر
کارایی سیستم	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
هزینه سرویس‌دهی	۱۸۹ دلار	۲۷۱ دلار	۳۲۵ دلار	۵۴۲ دلار

از آنجا که در این سناریو پیاده‌سازی سیستم مبتنی بر مدل ابر عمومی انجام گرفته، میزان منابع سیستم را می‌توان نامحدود در نظر گرفت. از این‌رو، صرف نظر از تعداد کاربران، سیستم همواره می‌تواند به تمام تقاضاهای دریافت‌شده سرویس ارائه دهد (به بیان دقیق‌تر، کیفیت سرویس ۱۰۰ درصد است). همچنین، به‌دلیل پشتیبانی کامل از کشسانی منابع میزان منابعی که در ابر عمومی به سیستم اختصاص داده می‌شود، همواره متناسب با میزان منابع مصرفی سیستم است (به بیان دقیق‌تر، بهره‌وری منابع ۱۰۰ درصد است). در نتیجه، سیستم در شرایط مختلفِ بار کاری همواره به کارایی ۱۰۰ درصد دست می‌یابد. البته باید توجه داشت که در این سناریو متناسب با میزان مصرف منابع ابر عمومی باید هزینه پرداخت شود. هزینه‌هایی که در جدول ۳ آمده، بر اساس رابطهٔ (۳) محاسبه شده است:

$$\begin{aligned}&(\text{هزینه مصرف هر واحد}) \times (\text{میزان منابع ذخیره‌سازی}) + (\text{هزینه مصرف هر واحد}) \\ &\times (\text{میزان منابع پردازشی}) = \text{هزینهٔ کل} \\ &(\text{هزینه مصرف هر واحد}) \times (\text{میزان منابع شبکه}) + (\text{هزینه مصرف هر واحد}) \times \\ &(\text{مقدار حافظه}) +\end{aligned} \quad (۳)$$

در این محاسبات هزینهٔ مصرف هر واحد منابع محاسباتی (سی‌پی‌یو)، منابع شبکه‌ای (پهنای باند)، حافظه و منابع ذخیره‌سازی (فضای ذخیره‌سازی) به‌ترتیب برابر ۳ دلار،

۰/۱ دلار، ۰/۰۵ دلار و ۰/۱ دلار در نظر گرفته شده‌ا ست[۱]. سرانجام، نتایج به‌دست آمده برای میانگین تأخیر اندازه‌گیری شده در سرویس‌دهی به کاربران در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ٤. میزان تأخیر در سرویس‌های مختلف سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر ابر عمومی

تعداد کاربران		۱۰ کاربر	۲۰۰ کاربر	۵۰۰ کاربر	۱۰۰۰ کاربر
میانگین تأخیر	سرویس نوع ۱	۷/۵ ثانیه	۷/۵ ثانیه	۷/۵ ثانیه	۷/۵ ثانیه
	سرویس نوع ۲	۶/۷۵ ثانیه	۶/۷۵ ثانیه	۶/۷۵ ثانیه	۶/۷۵ ثانیه

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مانند سناریوی قبلی، هر یک از انواع سرویس‌ها متناسب با حجم بار کاری که بر سیستم اعمال می‌کنند، منجر به میانگین تأخیر متفاوتی در سرویس‌دهی سیستم می‌شوند. با این تفاوت که در این سناریو، همان‌طور که پیشتر بحث شد، با افزایش تعداد کاربران میانگین تأخیر در سرویس‌دهی سیستم تغییری نمی‌کند. لازم به ذکر است که در تمام نتایج گزارش‌شده در این جدول، تأخیر حاصل از به‌کارگیری منابع سیستم از طریق شبکهٔ اینترنت به‌طور متوسط برابر ۵ ثانیه در نظر گرفته شده است. با توجه به متغیربودن کیفیت دسترسی از طریق اینترنت در نقاط مختلف، می‌توان مقدار تأخیر لحاظ‌شده به این منظور را متناسب با وضعیت تغییر داد.

تحلیل کلی نتایج به‌دست آمده در این بخش به این شرح است که: در این سناریو برای راه‌اندازی سیستم یادگیری الکترونیکی به‌طور کامل به استفاده از منابع تأمین‌شده توسط فراهم‌کنندگان عمومی رایانش ابری پرداخته شده است. از این‌رو، راهکار پیشنهادی با پشتیبانی کامل از قابلیت کشسانی منابع و همچنین با در اختیار داشتن منابع متناسب با میزان تقاضا (به فرض دسترسی به شبکهٔ اینترنت) کارایی قابل پیش‌بینی و بالایی را از خود نشان می‌دهد. همچنین، سیستم از مقیاس‌پذیری بسیار بالایی برخوردار است و تنها با پرداخت هزینهٔ نسبی پایین متناسب با بار کاری، می‌تواند با افزایش تعداد کاربران، با کیفیت مطلوب به سرویس‌دهی ادامه دهد.

۱. طبق قیمت‌گذاری‌های متداول در مدل‌های کسب‌وکار فراهم‌کنندگان مطرح ابر عمومی

۳-٤. ارزیابی سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر مدل ابر هیبرید

در سناریوی سوم، حالتی را در نظر می‌گیریم که سیستم یادگیری الکترونیکی بر اساس مدل ابر هیبرید و با استفاده از ترکیبی از منابع موجود در پایگاه دادهٔ محلی و منابع تأمین‌شده توسط فراهم‌کنندگان عمومی رایانش ابری پیاده‌سازی شده است. چنین سناریویی در عمل بسیار متداول است. برای مثال، در صورتی که سازمان یا مؤسسهٔ ارائه‌دهندهٔ سیستم یادگیری الکترونیکی منابع بسیار محدودی به‌طور محلی در اختیار داشته باشد (در این شرایط در پیش‌گرفتن این سناریو بر سناریوی اول ارجحیت دارد) و یا در صورتی که بنا بر موقعیت محلی دسترسی آن به شبکهٔ اینترنت غیرقابل پیش‌بینی باشد (در این شرایط در پیش‌گرفتن این سناریو بر سناریوی دوم ارجحیت دارد)، می‌تواند با به‌کارگیری راهکار پیشنهادی به پیاده‌سازی سیستم مبتنی بر مدل ابر هیبرید بپردازد.

در این سناریو نیز مشابه دو سناریوی قبلی فرض می‌کنیم که کاربران سیستم یادگیری الکترونیکی در حال استفاده از سرویس‌های مربوط به انجام شبیه‌سازی و آزمایش‌های علمی (۶۰ درصد کاربران) و تعاملات جمعی (۴۰ درصد کاربران) در سیستم هستند. مشخصات منابع رایانشی که برای این سناریو در نظر گرفته شده، به این ترتیب است که منابع موجود در پایگاه دادهٔ محلی به نسبت محدود است و تنها از یک سرور تشکیل یافته است که این سرور دارای سی‌پی‌یو با توان ۱ میلیون دستور بر ثانیه، پهنای باند ۱ گیگابایت بر ثانیه، ۱ گیگابایت حافظه و ۱ ترابایت فضای ذخیره‌سازی است. مشابه سناریوهای قبلی تعداد کاربران در حال استفاده از سرویس‌های سیستم را از ۱۰ کاربر به ۱۰۰۰ کاربر افزایش داده و کارایی راهکار پیشنهادی را در شرایط مختلف بار کاری مورد ارزیابی قرار می‌دهیم. نتایج این ارزیابی در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۵. ارزیابی کارایی و هزینهٔ سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر ابر هیبرید

تعداد کاربران	۱۰ کاربر	۲۰۰ کاربر	۵۰۰ کاربر	۱۰۰۰ کاربر
کیفیت سرویس	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
بهره‌وری منابع	٪۴۲/۸۶	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
کارایی سیستم	٪۴۲/۸۶	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
بارگذاری روی ابر	٪۰	٪۲۰	٪۳۳	٪۶۰
هزینهٔ سرویس‌دهی	۰۰/۰	۵۴ دلار	۱۰۸ دلار	۳۲۵ دلار

در این سناریو متناسب با حجم پردازشی تقاضاهای کاربران و همچنین سیاست‌های مدیریت منابع تعریف‌شده در سیستم، بخشی از بار کاری با استفاده از منابع ابر عمومی سرویس‌دهی می‌شود. نتایج مندرج در این جدول، علاوه بر اینکه سهم این بخش از منابع سیستم (واقع در ابر عمومی) را در سرویس‌دهی به کل بار کاری سیستم مشخص می‌کند، هزینهٔ محاسبه‌شده برای استفاده از این منابع را نیز نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده، سیستم یادگیری الکترونیکی مبتنی بر مدل ابر هیبرید همواره می‌تواند به تمام تقاضاهای دریافت‌شده از سوی کاربران سرویس‌دهی نماید (کیفیت سرویس ۱۰۰ درصد). در شرایط بار کاری پایین (نتایج گزارش شده به ازای ۱۰ کاربر در این جدول)، سیستم تنها با استفاده از منابع موجود در پایگاه دادهٔ محلی به سرویس‌دهی کاربران می‌پردازد. اما به‌تدریج با افزایش تعداد کاربران، بار کاری سیستم از ظرفیت منابع محلی آن بیشتر می‌شود و از این‌رو، بخشی از بار سیستم بر روی منابعی که بر حسب نیاز در ابر عمومی به آن اختصاص داده می‌شود، بارگذاری می‌گردد. در این سناریو سیاست مدیریت منابع در سیستم به این ترتیب تعریف شده است که تنها پس از زیر بار رفتن کامل منابع محلی، از منابع واقع در ابر سیستم استفاده شود. بدیهی است که در این شرایط بهره‌وری منابع سیستم ۱۰۰ درصد است. بنابراین، سیستم با شروع به استفاده از منابع ابر به کارایی ۱۰۰ درصد دست می‌یابد.

محاسبهٔ هزینه‌هایی که در جدول ۵ آورده شده بر طبق فرمول (۳) در بخش قبل انجام گرفته است. در نتایج گزارش شده به ازای ۱۰ کاربر، هزینهٔ سرویس‌دهی برابر صفر است، زیرا در این شرایط حجم بار کاری سیستم پایین می‌باشد و در نتیجه، سیستم بدون استفاده از منابع واقع در ابر عمومی به سرویس‌دهی می‌پردازد. به‌طور کلی، همان‌گونه که انتظار می‌رود، در مقایسه با سناریوی قبلی هزینهٔ سرویس‌دهی به کاربران سیستم کاهش یافته است و علت آن استفاده از منابع محلی در ترکیب با منابع ابر عمومی در پیاده‌سازی سیستم است.

سرانجام، نتایج اندازه‌گیری‌شده برای میانگین تأخیری که کاربران سرویس‌های مختلف در شرایط مختلف بار کاری سیستم تجربه می‌کنند، در جدول ۶ درج شده است. مشابه سناریوهای قبلی در این جدول نیز منظور از سرویس‌های نوع ۱ و ۲ به‌ترتیب، سرویس‌های مربوط به انجام شبیه‌سازی و آزمایش‌های علمی و سرویس‌های مربوط به

تعاملات جمعی است.

جدول ٦. میزان تأخیر در سرویس‌های مختلف سیستم پیاده‌سازی‌شده مبتنی بر ابر هیبرید

تعداد کاربران		۱۰ کاربر	۲۰۰ کاربر	۵۰۰ کاربر	۱۰۰۰ کاربر
میانگین تأخیر	سرویس نوع ۱	۲/۵ ثانیه	۱۳/۵۱ ثانیه	۲۳/۷۶ ثانیه	۲۸/۹۳ ثانیه
	سرویس نوع ۲	۱/۷۵ ثانیه	۸/۷۱ ثانیه	۱۶/۷۷ ثانیه	۱۸/۷ ثانیه

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شرایطی که ۱۰ کاربر در حال استفاده از سیستم هستند، در نتیجهٔ سرویس‌دهی کامل از منابع محلی، میانگین تأخیر به نسبت پایین‌تر است. این در حالی است که با شروع به بارگذاری سیستم بر روی منابع ابر عمومی، تأخیر حاصل از شبکهٔ خارجی نیز به تأخیر سرویس‌دهی افزوده می‌شود. باید دقت شود که این تأخیر، تنها در سرویس‌دهی به بخشی از بار کاری که از طریق منابع سیستم در ابر عمومی سرویس داده می‌شوند، تأثیرگذار است. بنابراین، متناسب با بارگذاری این بخش از منابع سیستم، در نتیجهٔ لحاظ تأخیر شبکه، میانگین تأخیر در سرویس‌دهی افزایش می‌یابد.

در این سناریو نیز مشابه سناریوی قبلی، تأخیر دسترسی از طریق شبکهٔ خارجی به‌طور میانگین ۵ ثانیه در نظر گرفته شده است. این مقدار متناسب با وضعیت دسترسی از طریق شبکهٔ اینترنت در نقاط مختلف قابل تغییر است. به‌طور کلی نتایج گزارش‌شده در جدول ۶ نشان می‌دهد که در این سناریو با افزایش تعداد کاربران سیستم میانگین تأخیر در سرویس‌دهی به آنها به کندی افزایش می‌یابد[1] و همواره می‌توان آن را در حد قابل قبولی تنظیم نمود.

تحلیل کلی نتایج به‌دست آمده در این بخش به این شرح است: در این سناریو برای

۱. لازم به ذکر است که نرخ افزایش میانگین تأخیر تحت تأثیر سیاست‌های مدیریت منابع سیستم قرار دارد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، در این سناریو سیاست مدیریت منابع در سیستم به این ترتیب تعریف شده است که تنها پس از زیر بار رفتن کامل منابع محلی از منابع واقع در ابر سیستم استفاده شود. با بررسی بیشتر این موضوع در کارهای آتی می‌توان با ایجاد تغییر در این سیاست میانگین تأخیر در سرویس‌دهی را تنظیم کرد و برای مثال سیاست را به‌گونه‌ای تعریف کرد که نرخ افزایش میانگین تأخیر کاهش یابد.

پیاده‌سازی سیستم یادگیری الکترونیکی، هم از منابع موجود در پایگاه دادهٔ محلی و هم از منابع تأمین‌شده توسط فراهم‌کنندگان عمومی ابر استفاده شده است. با توجه به اینکه راه‌اندازی سیستم بر اساس راهکار پیشنهادی وابستگی کامل به دسترسی شبکهٔ اینترنت ندارد و با استفاده از منابع محلی نیز می‌توان به کاربران (به تعداد محدود) سرویس‌دهی کرد، عملکرد سیستم (به‌خصوص در مقایسه با سناریوی دوم) از اطمینان‌پذیری بالایی برخوردار است. از سوی دیگر بر طبق سیاست‌های تعریف‌شده در بخش مدیریت منابع سیستم یادگیری الکترونیکی، می‌توان با به‌کارگیری منابع ابر عمومی و ترکیب آن با منابع محلی سیستم تعداد کاربرانی را که از سرویس‌های ارائه‌شده توسط سیستم استفاده می‌کنند، بر حسب نیاز افزایش داد و در نتیجه سیستم با پشتیبانی از قابلیت کشسانی منابع، از مقیاس‌پذیری بسیار بالایی (به‌خصوص در مقایسه با سناریوی اول) برخوردار است.

٤. نتیجه‌گیری

در این مقاله با اشاره به چالش‌های آموزش و یادگیری الکترونیکی از جنبه‌های مهندسی و فناورانه، آموزش و یادگیری الکترونیکی مبتنی بر مدل‌های رایانش ابری به‌عنوان راهکاری مناسب برای پرداختن به این مسائل و چالش‌ها مطرح شده است. در راهکار پیشنهادی پس از بیان قابلیت‌ها و مزایایی که ارائهٔ سرویس‌های یادگیری الکترونیکی در محیط‌های رایانش ابری به‌همراه خواهند داشت، به طراحی معماری سیستم یادگیری الکترونیکی مبتنی بر مدل‌های رایانش ابری پرداخته شده است. به‌منظور ارزیابی راهکار پیشنهادی، سیستم طراحی‌شده با استفاده از ابزار شبیه‌سازی کلُدسیم با طرح سناریوهای مختلف مورد آزمایش قرار گرفته و در هر یک از این سناریوها در شرایط متفاوت بار کاری، به تحلیل و اندازه‌گیری شاخص‌های کارایی، میانگین تأخیر در سرویس‌دهی، و هزینهٔ راهکار پیشنهادی در ارائهٔ سرویس‌های یادگیری الکترونیکی پرداخته شده است. نتایج ارزیابی‌ها و تحلیل‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که با در پیش‌گرفتن این راهکار، ضمن افزایش مقیاس‌پذیری زیرساخت سیستم یادگیری و آموزش الکترونیکی و امکان به‌کارگیری کارآمد منابع (با فراهم‌کردن قابلیت تغییر ظرفیت منابع بر حسب نیاز در ابر)، هزینه‌های مدیریت منابع، راه‌اندازی و نگهداری سیستم کاهش می‌یابد.

۵. مراجع

Armbrust. M., A. Fox, R. Griffith, A.D. Joseph, R. H. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. A. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica and M. Zaharia. 2009. *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing.* Technical Report No.UCB/EECS-2009-28, University of California at Berkeley, 2009.

Buyya, R., R. Ranjan, and R. N. Calheiros. 2009. *Modeling and Simulation of Scalable Cloud Computing Environments and the CloudSim Toolkit: Challenges and Opportunities*. In Proc. of International Conference on High Performance Computing Simulation, HPCS '09, pp. 1-11, 2009.

Calheiros, R. N., R. Ranjan, A. Beloglazov, C. A. F. De Rose, and R. Buyya. 2011. CloudSim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithm. Software. *Practice and Experience* 41 (1): 23–50.

Dillon, T., C. Wu and E. Chang. 2010. *Cloud Computing: Issues and Challenges*. 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications.

Dong, B., Q. Zheng, M. Qiao, J. Shu and J. Yang. 2009. *BlueSky Cloud Framework: An ELearning Framework Embracing Cloud Computing*. In: Jaatun, M. G., Zhao, G., Rong, C. (eds.) Cloud Computing. LNCS, vol. 5931, pp. 577–582. Springer, Heidelberg.

Fernandez, A., D. Peralta, F. Herrera, and J.M. Ben´ıtez. 2012. An Overview of E-Learning in Cloud Computing. Workshop on Learning Technology for Education in Cloud. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 173: 35-46.

Gamundani, A. M., T. Rupere. 2013. A cloud computing architecture for e-learning platform, supporting multimedia content. *International Journal of Computer Science and Information Security* 11 (3).

Jain, A. and S. Chawla. 2013. E-Learning in the Cloud. *International Journal of Latest Research in Science and Technology* 2 (1): 478-481.

Kwan, R., R. Fox, F. Chan, and P. Tsang. 2008. Enhancing Learning Through Technology: Research on Emerging Technologies and Pedagogies. New Jersey: World Scientific Publishing

Masud, M. H. and X. Huang. 2012. An E-learning System Architecture based on Cloud Computing. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 62.

Nasr, Mona., Shimma Ouf. 2011. An Ecosystem in e-Learning Using Cloud Computing as platform and Web2.0. *The Research Bulletin of Jordan ACM*. II (IV).

Pocatilu. P., F. Alecu and M. Vetrici. 2009. *Using Cloud Computing for E-learning Systems.* Recent advances on data networks, communications, computers: proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Data Networks, Communications, Computers, Italy.

Sulistio, A., C. Reich, and F. Doelitzscher. 2009. *Cloud Infrastructure & Applications – CloudIA*. In: Jaatun, M.G., Zhao, G., Rong, C. (eds.) Cloud Computing. LNCS, vol. 5931, pp. 583–588. Springer, Heidelberg.

Vakili, G. 2013. *Designing an E-learning System based on Cloud Computing Models.* (in Farsi) In Proc. of 7th National and 4th International Conference on E-Learning, Shiraz, Iran.

Vaquero, L., L. Rodero-Merino, J. Caceres, and M. Lindner. 2009. A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* 39 (1): 50-55.

Vouk, M., S. Averitt, M. Bugaev, A. Kurth, A. Peeler, H. Shaffer, E. Sills, S. Stein, and J. Thompson. 2008. *Powered by VCL - using virtual computing laboratory (VCL) technology to power cloud computing.* In: 2nd Intl. Conference on the Virtual Computing Initiative (ICVCI), Research Triangle Park, North Carolina, USA.

Youssef, A. E. 2012. Exploring Cloud Computing Services and Applications. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* 3 (6).